

# **DIE ANWENDUNGSEFFIZIENZ DER ABSORPTIONSWÄRMEPUMPEN FÜR DIE WIRTSCHAFTLICHKEITSSTEIGERUNG DER ARBEIT EINES HKW**

<sup>1</sup>D.S. Lushkowoi, <sup>2</sup>O.Ju. Romaschowa

<sup>1,2</sup>Nationale Polytechnische Forschungsuniversität Tomsk

Energetisches Institut, <sup>1</sup>Lehrstuhl für Atom- und Wärmekraftwerke, Gruppe 5BM61

Die Effizienzsteigerung der Anwendung der Energieressourcen ist ein Weltproblem, weil die steigende Anfrage nach ihnen mit jedem Jahr unweigerlich zu ökonomischen, ökologischen und technischen Schwierigkeiten führt. Für das russische Energiesystem, wo der Anteil der Kraft-Wärme-Kopplung dominiert, ist das Problem der Effizienzsteigerung der Arbeit bestehender Heizkraftwerke (HKW) sehr aktuell.

Eine der aussichtsreichsten Technologien für ihren Einsatz am HKW ist die Konvertierung der Tieftemperaturwärme in die Hochtemperaturwärme unter Verwendung von Absorptionswärmepumpen (AWP).

Die positive Wirkung des Einsatzes von AWP am HKW hängt vom Arbeitsbetrieb der Turbinenanlage ab. Im Kondensationsbetrieb können Absorptionswärmepumpen zur Erhitzung des Kondensats vor dem Niederdruckvorwärmer dienen. Im Heizkraftbetrieb wird das Hauptkondensat vor dem Niederdruckvorwärmer durch Heizwasser und Rohwasser nach chemischer Wasserreinigung erhitzt (auch für die Heizleitungseinspeisung).

Der Kraftstoffeinsparungseffekt von dem Einsatz ist dann bemerkbar, wenn die Arbeit des ganzen Dampfstrahls anwächst. Die Erhöhung der Dampfarbeit ist in zwei Situationen denkbar:

- die Reduzierung der Arbeit des für die AWP-Anlage angezapfte Dampfstrahls wird weniger, als die Komplementararbeit, die infolge des Schwindens der Dampfmenge am ersten Niederdruckvorwärmer entsteht;
- durch Einspülen des Kühlwassers gelingt es, den Dampfdruck im Kondensator zu senken und das Turbinenwärmegefälle zu steigern.

Der erste Fall ist denkbar, wenn der Dampf einem Vorwärmer mit zu hohen Parametern (als es bei Wärmeübertragungsbedingungen nötig ist) entnommen wird. Zum Beispiel wird an einigen HKW der Industriedampf an den Vorwärmer des chemisch gereinigten Wassers durch den Druckminderer ein gespeist.

Das Ziel der Forschung ist eine Vergleichsanalyse der Berechnungsergebnisse von Optionen des Einsatzes von AWP im Wärmeschaltschema einer PT-Heizturbinenanlage. Der Forschungsgegenstand ist die Auswahl der besten Anschlussschaltung der AWP-Anlage auf der Grundlage der Analyse der Änderung von Merkmalen der Wirtschaftlichkeit der Arbeit des HKW.

Als Forschungsmuster galten die Turbinenanlage PT-80/100-130/13 und die Absorptionswärmepumpen der Firma «OKB Teplosibmasch». Die Wärmeschaltschema der Turbinenanlage ist in [1] dargestellt. Die Angaben für Betriebe wurden [2] entnommen.

Für die Vergleichsanalyse werden typische Arbeitsbetriebs der Turbinenanlage PT- ausgewählt. Das sind der Kondensationsbetrieb und der sommerliche Heizkraftbe-

trieb mit der Heisswasserheizungbelastung. Die Heizperiode (der Frühlingsanfang, der Winter, der Spätherbst) wurden nicht analysiert, weil die Temperatur des Kühlwassers in dieser Periode niedrig ist. Daher gibt es keine Probleme mit Unterdruck im Kondensator. Die Dampfdruckreduzierung unter Verwendung von AWP ist nicht wirtschaftlich zweckmäßig.

Im Kondensationsbetrieb wird der Hauptkondensat, im Heizkraftbetrieb das Rohwasser nach chemischer Wasserreinigung erhitzt. Das Kühlwasser wurde in beiden Betriebs abgekühlt.

An Bildern 1 und 2 werden Berechnungsschaltschemata für Heizkraftbetrieb der Wasseraufbereitung für die Heizleitungseinspeisung vor und nach der Einsetzung von AWP gezeigt.

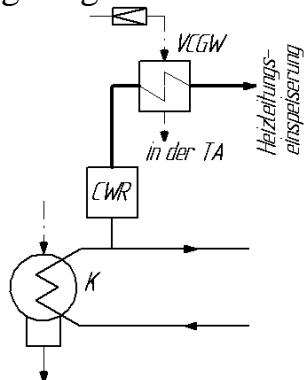


Bild 1 – Wasseraufbereitungsschaltschema für die Heizleitungseinspeisung vor der Einsetzung von AWP

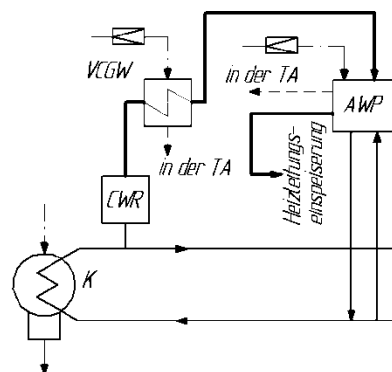


Bild 2 – Wasseraufbereitungsschaltschema für die Heizleitungseinspeisung nach der Einsetzung von AWP

wo K – Kondensator; CWR – chemische Wasserreinigung; VCGW – Vorwärmer des chemische gereinigten Wassers; AWP – Absorptionswärmepumpen

In der Tabelle 1 und den Bildern 3, 4 sind Berechnungsergebnisse des Heizkraftbetriebs bei Vorhandensein der Heißwasserheizungsbelastung dargestellt.

Tab. 1. Vergleichsanalyse des Berechnungsergebnisses der PT-80/100-130/13-Turbinenanlage im Heizkraftbetrieb bei verschiedenen Verbrauchswerten der Heizleitungseinspeisung

Merkmal	Verbrauch des Einspeisungswassers für die Heizleitung 125 kg/s		Verbrauch des Einspeisungswassers für die Heizleitung 250 kg/s		Verbrauch des Einspeisungswassers für die Heizleitung 500 kg/s	
	ohne AWP	mit AWP	ohne AWP	mit AWP	ohne AWP	mit AWP
Turbinendampfverbrauch, kg/s	80					
Stromerzeugung, MW	70,916	72,423	66,752	68,491	53,29	59,794
Dampfverbrauch im Kondensator, kg/s	48,61	50,54	40,65	44,76	22,43	30,08
Dampfdruck im Kondensator, MPa	0,0092	0,0091	0,0084	0,0083	0,0067	0,0065
Temperatur des Kühlwassers vor dem Kondensator, °C	20	19,3	20	18,9	20	17,7

Temperatur des Kühlwassers nach dem Kondensator, °C	31,1	30,8	29,3	29,1	25,1	24,5
Kühlwassersverbrauch, kg/s	2222	2222	2222	2222	2222	2222
Dampfverbrauch am VCGW, kg/s	7,6	1,72	15,91	4,06	35,1	11,57
Dampfverbrauch am VCGW und AWP, kg/s	7,6	5,92	15,91	12,31	35,1	28,07
Wärme, die Einspeisungswasser bekam, MW	26,19	26,19	52,4	52,4	104,7	104,7
Temperatur nach VCGW, °C	70	40	70	40	70	40
Wärme, die AWP gab, MW	-	5,72	-	11,79	-	23,57
Elektrischer Wirkungsgrad des Kraftwerkblocks brutto	0,3956	0,404	0,4296	0,4505	0,5292	0,5936
Elektrischer Wirkungsgrad des Kraftwerkblocks netto	0,3169	0,3236	0,3441	0,3609	0,4239	0,4755
Spezifischer Einheitskraftstoffverbrauch an der Elektroenergieabgabe, g/kW*h	388,1	380,1	357,5	340,8	290,2	258,7

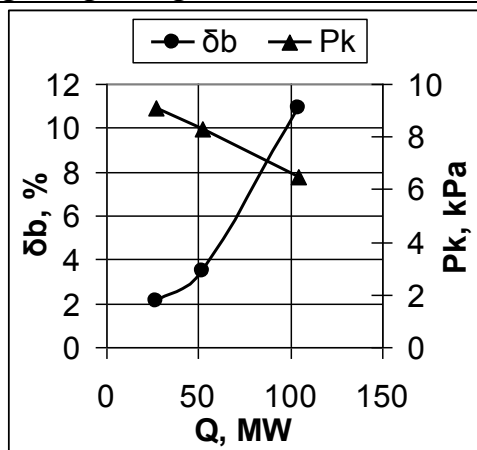


Bild 3 – Dependenz der relativen Einsparung des spezifischen Einheitskraftstoffverbrauchs an der PT-80/100-130/13-Turbinenanlage und der Dampfdruck im Kondensator von der Heizwasserheizungsbelastung ( $G_0 = 80 \text{ kg/s}$ )

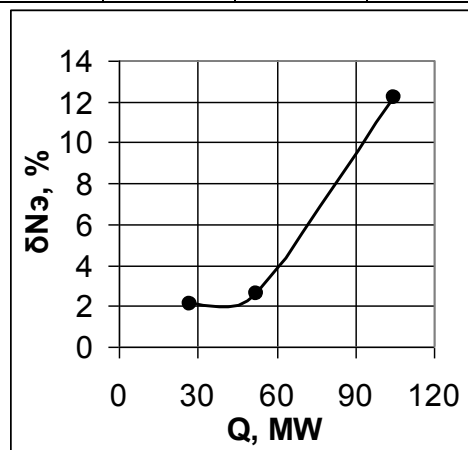


Bild 4 – Dependenz der relativen Steigerung der Stromerzeugung an der PT-80/100-130/13-Turbinenanlage von der Heizwasserheizungsbelastung ( $G_0 = 80 \text{ kg/s}$ )

Es bleibt festzuhalten:

- die Anwendung von AWP im Kondensationsbetrieb keinen Kraftstoffersparnisereffekt gibt, weil das positive Ergebnis der Dampfdruckreduzierung im Kondensator und der Steigerung des Turbinenwärmegefälles das negative Ergebnis der Dampfverdrängung an der Wärmeregeneration aufwiegt. Aber diese Maßnahme ermöglicht es, den Dampfdruck im Kondensator ohne Nachlassen des Turbinendampfdurchsatzes zu reduzieren bei einer Begrenzung der Stromerzeugung im Sommer;

- die wirksamste Option des Einsatzes von AWP im PT-80/100-130/13-Wärmeschaltschema ist der Betrieb ohne Heizlast mit der Wasseraufbereitung für die Heizleitungseinspeisung;
- die Auswirkung der Heißwasserheizungsbelastung wurde in Bezug auf die Effizienz der Anwendung von AWP analysiert; die Zunahme der Heißwasserheizungsbelastung von 26 auf 105 MW beim Turbinendampfdurchsatz 80 kg/s führt zur Reduzierung des spezifischen Einheitskraftstoffverbrauchs von 2,1 % auf 10,9 %;

Demnach ist der Einsatz von AWP im Wärmeschaltschema einer Heizturbinenanlage eine wirksamste Option für die Effizienzsteigerung der Arbeit eines HKW. Aber zur Gewinnung des Maximalvorteils müssen Arbeitsbetriebe der Turbinenanlage und Merkmale des Außenmediums berücksichtigt werden, da sie sich auf die Arbeitseffizienz der AWP-Anlage auswirken.

#### LITERATUR:

1. Bojko E.A. et al. Wärmekraftwerke. – Krasnojarsk: Verlag der technischen Universität, 2006. – 152 S.
2. Zanev S.V., Tambieva I.N. Wärmeschemata und Kennwerte der Wärmeversorgungsanlagen / V.F. Shidkich (Hrsg.). – Moskau: Verlag des Energetischen Instituts, 1987. – 76 S.

Wissenschaftlicher Betreuer: Ju.V. Kobenko, Prof., Dr. habil., Lehrstuhl für Fremdsprachen des Energetischen Instituts der Nationalen Polytechnischen Forschungsuniversität Tomsk.

#### **FACTS: MÖGLICHKEITEN UND DER AKTUELLE SACHSTAND**

W.Ju. Tschuchmanov

Nationale Polytechnische Forschungsuniversität Tomsk  
Energetisches Institut, Lehrstuhl für Elektrische Netze und Elektrotechnik,  
Gruppe 5AM6D

Die Spannungsverteilung und damit die Leistungsflüsse im elektrischen Energieversorgungssystem werden durch die Einspeiseknoten (Kraftwerke), die Lastverteilung sowie die Netzstruktur und damit durch die Impedanzen im Netz bestimmt. Die Leistungsflüsse im elektrischen Energieversorgungssystem werden bisher über diskrete Längs-/Quer-Kompensation und Schrägregeltransformatoren mit geringer Schaltheufigkeit reguliert. Im stationären Fall wird dies durch Parallel- und Serienkompensation sowie durch Phasenschieber-Transformatoren erreicht. Diese Lösungen verändern resultierende Leitungsimpedanzen (Längs- und Quer-) bzw. koppeln Reihenspannungen oder Querströme ein.

Wie aus Bild 1 ersichtlich, kann der Lastfluss über eine Leitung durch 3 verschiedene Maßnahmen beeinflusst werden:

- Veränderung der Spannung ( $U_1$ ,  $U_2$ );